

**Д. А. Губайдуллин, Д. А. Тукмаков**

*Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН*

*gubajdullin@mail.knc.ru, tukmndn@yandex.ru*

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ О РАСПАДЕ РАЗРЫВА И ФОРМИРОВАНИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА ПОРШНЕ ПРИ ПОМОЩИ НЕЯВНОЙ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ**

На основе численного решения системы уравнений Эйлера [3] решается задача о распаде разрыва для идеального газа и задача о формировании ударной волны на движущемся поршне. При переходе от физической области к расчетной используются обобщенные подвижные координаты. Неявная конечно-разностная форма уравнений имеет вид [3]

$$\frac{\Delta \hat{q}^{n+1}}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_{\xi} F^n + L_{\eta} G^n) + \frac{1}{2}(L_{\xi} F^{n+1} + L_{\eta} G^{n+1}) = \hat{H}^n, \quad (1)$$

где  $\Delta \hat{q}^{n+1} = \hat{q}^{n+1} - \hat{q}^n$ ;  $L_{\xi}, L_{\eta}$  — одномерные центральпо-разностные операторы по переменным  $\xi$  и  $\eta$ . В результате линеаризации потоков и переноса переменных, определенных на  $n$ -ом временном слое, в правую часть система (1) принимает вид [2]

$$\begin{aligned} \Delta \hat{q}^{n+1} + \frac{\Delta t}{2} L_{\xi} (\hat{A}^n \Delta \hat{q}^{n+1}) + \frac{\Delta t}{2} L_{\eta} (\hat{B}^n \Delta \hat{q}^{n+1}) = \\ = -\Delta t (L_{\xi} \hat{F}^n + L_{\eta} \hat{G}^n + \hat{H}^n). \end{aligned} \quad (2)$$

Предполагается, что решение известно на  $n$ -м временном слое. Приближенная факторизация (2) позволяет свести двумерную задачу к последовательности одномерных задач

$$(I + \frac{\Delta t}{2} L_{\xi} \hat{A}^n)(I + \frac{\Delta t}{2} L_{\eta} \hat{B}^n) \Delta \hat{q}^{n+1} =$$

$$= -\Delta t(L_{\xi}\hat{F}^n + L_{\eta}\hat{G}^n - \hat{H}^n). \quad (3)$$

Монотонность решения достигается за счет применения схемы нелинейной коррекции [6] к вектору газодинамических переменных  $U = (\rho, u, v, e)$  после нахождения решения каждой из одномерных систем матричных уравнений (3). В качестве параметров сравнения численного и аналитического решений выбирались скорость спутного потока и число Маха ударной волны.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ковеня В. М. Тарановский Г. А., Черный С. Г. *Применение метода расщепления в задачах аэродинамики*. – Новосибирск: Наука, 1990. – 247 с.
2. Лойцянский М. Г. *Механика жидкости и газа*. – М.: Физматлит, 1959. – 784 с.
3. Флетчер К. *Вычислительные методы в динамике жидкостей*. – М.: Мир, 1991. – 551 с.
4. Жмакин А. И., Фурсенко А. А. *Об одной монотонной разностной схеме сквозного счета* // ЖВМ и МФ. – 1980 – Т. 20. – № 4. – С. 1021–1031.
5. Steger J. L. *Implicit finite-difference simulation of flow about arbitrary two-dimensional geometries* // AIAA J. – 1978. – V. 16. – No 7. – P. 679.
6. Крылов В. И., Бабков В. В., Монастырный П. И. *Вычислительные методы*. Т. 2. – М.: Паука, 1975. – 400 с.
7. Тукмаков А. Л., Тонконог В. Г., Кочепков А. Г., Кусюмов С. А. *Численное моделирование течения вскипающей жидкости в каналах переменного сечения* // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2011. – № 3. – С. 57–65.